

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

MARKÉTA DAŇKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**VLIV STRUKTURY A SLOŽENÍ FUNKČNÍHO
SPODNÍHO PRÁDLA NA JEHO TEPELNĚ
KONTAKTNÍ VJEM ZA VLHKA**

**THE INFLUENCE OF THE STRUCTURE AND
COMPOSITION OF THE FUNCTIONAL
UNDERWEAR ON THE THERMAL SENSATION OF
CONTACT FOR DAMP**

Markéta Daňková

KHT-839

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavla Těšínová, PhD.

Konzultant bakalářské práce: Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu.....33

Počet obrázků.....6

Počet tabulek.....6

Počet grafů.....10

Počet stran příloh.....5

Zadání bakalářské práce

1. Proved'te teoretickou rešerši o komfortu textilií včetně sensorického komfortu textilií a způsobů jeho hodnocení. Zaměřte se na hodnocení komfortu pomocí tzv. vlhkostní jímavosti textilií.
2. Vysvětlete vedení kapalné vlhkosti ve vláknech se speciálním profilem, v textiliích se speciální konstrukcí a shrňte jejich výhody.
3. Proved'te experiment na materiálech z polyesterových a polypropylenových vláken s různým profilem. Proměřte paropropustnost všech vzorků za sucha a dále jejich tepelný odpor a vlhkostní jímavost.
4. Komfortní vlastnosti jednotlivých vzorků porovnejte a komentujte. Rozhodněte, pro které klimatické podmínky a účel použití by jednotlivé vzorky byly nejvíce vhodné.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že s o u h l a s í m s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 7.5.2012

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala mé vedoucí bakalářské práce, paní Ing. Pavle Těšínové, PhD., za odbornou pomoc a věcné rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala panu Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc. za poskytnutí vzorků.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá oblastí komfortu funkčního spodního prádla. V praktické části jsou zjišťovány parametry senzorického a termofyziologického komfortu. Ty jsou následně vzájemně porovnávány. Cílem práce je rozhodnout, pro které klimatické podmínky a účel použití jsou zkoumané vzorky nejvíce vhodné.

KLÍČOVÁ SLOVA:

komfort, Alambeta, tepelná jímavost, plošný odpor vedení tepla, Permetest, relativní paropropustnost, výparný odpor

ANNOTATION

The bachelor thesis is focused on the underwear comfort areas. Practical part deals with detecting parameters of sensor and termofyziologic comfort. Afterwards, they are mutually compared. The aim of the work is to decide, which climatic conditions and purpose of use the samples are the most appropriate for.

KEY WORDS:

comfort, Alambeta, thermal absorbability, surface resistance of heat conduction, Permetest, relative water vapour permeability, absolute water vapour permeability

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

a	měrná teplotní vodivost [m^2s^{-1}]
b	tepelná jímavost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$]
c	měrná tepelná jímavost [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
CV	variační koeficient [%]
h	tloušťka materiálu [mm]
p	poměr maximálního a ustáleného tepelného toku [1]
P_m	nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavičky [Pa]
P_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]
P_{rel}	relativní paropropustnost [%]
ΔP	kapilární tlak [Pa]
q	tepelný tok [W/m^2]
q_v	plošná hustota tepelného toku procházející měřicí zakrytou hlavicí měřeným vzorkem [W/m^2]
q_0	plošná hustota tepelného toku procházející měřicí nezakrytou hlavicí měřeným vzorkem [W/m^2]
ΔQ	rozdíl tepla [J]
r	plošný odpor vedení tepla [$\text{W}^{-1}\text{K}\cdot\text{m}^2$]
R_{et}	výparný odpor [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\text{W}^{-1}$]
R_{ct}	tepelný odpor [$\text{m}^2\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$]
t	teplota [K]
Δt	rozdíl teplot [K]
ρ	hustota [g/m^3]
ρc	tepelná kapacita [J/m^3]
λ	měrná tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$]
τ	tepelný kontakt [J]

OBSAH

ÚVOD.....	4
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	5
1 KOMFORT.....	5
1.2 Oděvní a psychologický komfort.....	5
1.2 Sensorický komfort.....	6
1.2.1 Hodnocení omaku – metody.....	7
1.2.2 Přístroje pro hodnocení tepelného omaku textilií.....	8
1.3 Termofyziologický komfort.....	12
1.4 Patofyziologický komfort.....	16
2 TERMOREGULACE.....	17
2.1 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla.....	17
2.2 Kapilární odvod.....	17
2.3 Vlhkostní jímavost.....	20
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	21
3 POLYPROPYLEN.....	21
4 VZORKY.....	22
5 MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI PERMETEST.....	25
6 MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI ALAMBETA.....	29
ZÁVĚR.....	36
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	38
SEZNAM TABULEK.....	38
SEZNAM GRAFŮ.....	38
SEZNAM ROVNIC.....	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	39

ÚVOD

V poslední době se stále častěji setkáváme s funkčním prádlem při sportovních aktivitách. Funkční prádlo by nám při fyzickém výkonu mělo poskytnout lepší komfort a pohodlí při vykonávání našich sportovních činností.

Již od pradávna si člověk vytvářel speciální oblečení. Mělo jim pomáhat a chránit je při lovu nebo ve válkách.

Funkční prádlo obsahuje speciální materiál, který odvádí od těla vlhkost. Použit ho lze při všech sportovních a outdoorových aktivitách, ale také při pracovních činnostech. Zejména tam, kde se člověk současně potí a potřebuje se chránit před chladem [4].

Pojem komfort lze vysvětlit tak, když člověk má pocit pohodlí a cítí se dobře. Při přímém kontaktu kůže s první vrstvou textilií vznikají příjemné i nepříjemné pocity. Mezi příjemné se řadí např. hladkost nebo měkkost, mezi nepříjemné praskání nebo tuhost textilie.

Komfort očekáváme i od spodního funkčního prádla. Mnoho firem na trhu se zabývá výrobou tohoto prádla. V této práci se zaměříme na vzorky z vláken s nekruhovým průřezem a na jeden vzorek z vláken s kruhovým průřezem.

Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou.

První část se zabývá teorií komfortu a jeho rozdělením. Nejvíce je zaměřena na senzorický a termofyziologický komfort textilií a způsob jejich hodnocení. Dále je v práci vysvětleno vedení kapilární vlhkosti ve vláknech se speciálním profilem.

V druhé části této práce jsou vzorky naměřeny na přístrojích ALAMBETA a PERMETEST. Jsou zjišťovány následující parametry: tepelná jímavost s plošným odporem vedení tepla na přístroji ALAMBETA a relativní paropropustnost s výparným odporem na přístroji PERMETEST. Dále je zjišťován tepelný kontaktní vjem za vlhka, a jak tento parametr ovlivňuje např. tloušťka materiálu nebo plošná hmotnost.

Cílem práce je rozhodnout, pro které klimatické podmínky a účel použití by vzorky byly nejvíce vhodné.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KOMFORT

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvů nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat [1].

Komfort vnímáme lidskými smysly bez chuti (hmat, zrak, sluch, čich). Lze ho i definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů.

Komfort se dělí do čtyř skupin [1]:

- Psychologický komfort,
- Senzorický komfort,
- Termofyziologický komfort,
- Patofyziologický komfort.

1.2 Oděvní a psychologický komfort

Dělení oděvního komfortu psychologického dle různých hledisek [1]:

- Klimatická hlediska – typické denní oblečení by mělo respektovat tepelně-klimatické podmínky, ty jsou podmíněny geograficky.
- Ekonomická hlediska: podmínky obživy, výrobní prostředky, politický systém, úroveň technologie apod.
- Historická hlediska: materiály napodobující přírodu a přírodní vůně.
- Kulturní hlediska: zvyky, tradice, obřady, náboženství.
- Sociální hlediska: věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, postavení nebo pozice v této třídě.
- Skupinová a individuální hlediska: módní vlivy, styl, barvy a lesk, trendy, osobní preference.

1.2 Sensorický komfort

Vzniká při styku pokožky s první vrstvou oděvu. Textilie mohou být příjemné (např. měkost, hladkost) ale i nepříjemné a dráždivé (tlak, vlhkost, škrábání, kousání, píchání, lepení apod.) [1].

Sensorický komfort je rozdělen na komfort nošení a omak.

Komfort nošení

Komfort nošení: povrchová struktura použitých textilií, vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému, schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na své kontaktní vlastnosti [1].

Omak

Omak je subjektivní a špatně reprodukovatelná veličina založená na vnímání pomocí prstů a dlaně. Typické vlastnosti omaku jsou: hladkost, tuhost, objemnost a tepelně-kontaktní vjem. Při manuálním hodnocení textilie jsou charakteristiky omaku vnímány v tomto pořadí [1]:

- koeficient tření,
- drsnost povrchu,
- tloušťka (plošná hmotnost),
- stlačitelnost (plnost),
- tepelný omak,
- roztažnost,
- ohybová tuhost,
- smyková tuhost.

Tepelný omak

Tepelný omak je krátkodobý tepelný pocit při styku pokožky s textilií při jeho oblékání. Veličina, která objektivně charakterizuje tepelný omak, je tepelná jímavost.

1.2.1 Hodnocení omaku – metody

Omak lze hodnotit více způsoby, např. pomocí systému KES nebo Snake Diagramu.

Systém KES

Systém KES (Kawabata Evaluation Systém) byl vyvinut Prof. Kawabatou. Používá se při hodnocení omaku tkanin pro vrchní konfekci. Tento systém je složen ze čtyř přístrojů měřících 15 charakteristik plošných textilií v rozsahu běžného namáhání oděvních textilií při nošení. Postup je nazýván FOM (Fabric Objective Measurement) [1].

Měření se dělí do pěti skupin [1]:

- Tahové: linearita, deformační práce [Ncm.cm^{-2}], pružnost [%]
- Smykové: tuhost ve smyku jako směrnice přímky [$\text{N.cm}^{-1}.\circ$], hystereze při úhlu smyku $\phi = 0,5^\circ$ [Ncm]
- Ohybové: tuhost v ohybu na jednotku délky [Ncm.cm^{-2}], moment hystereze na jednotku délky při $\phi = 0,5$ [Ncm.cm^{-2}], moment hystereze na jednotku délky při $\phi = 0,5$ [Ncm.cm^{-2}]
- Objemové: linearity, tloušťka jako funkce rostoucího přitlaku, energie potřebná ke stlačení [Ncm.cm^{-2}], pružnost [%]
- Povrchové: průměrný koeficient tření, průměrná odchylka koeficientu tření, průměrná geometrická drsnost [μm]
- Konstrukční: plošná hmotnost [g.m^2]

Snake Diagram

Snake Diagram byl původně vyvinut pro hodnocení vlněných tkanin. Používá se pomocí přístrojů FAST. Měří pevnost a tažnost textilie, stlačitelnost (tloušťku), tuhost v ohybu a tepelnou srážlivost vlny za tepla a vlhka [1].

1.2.2 Přístroje pro hodnocení tepelného omaku textilií

Tepelný omak je pocit, který vnímáme pokožkou, když se krátce dotkneme nějakého objektu – při oblékání textilií (spodní prádlo, rukavice, ponožky, bytové textilie...).

Přístroj Thermo – Labo

Přístroj byl vyvinut Kawabatou a Yonedou v roce 1983. Byl to první přístroj, který byl schopen objektivně hodnotit tepelný omak textilních materiálů [1].

Principem měření je přikládání předeřhřátého měděného bloku o tloušťce 1mm na textilní materiál. Na nádobě je umístěn zkoušený vzorek. Nádoba je udržována na konstantní teplotě cirkulující vodou. Zadní strana je tepelně izolovaná tvrdou polyesterovou pěnou. Této straně je připojeno čidlo teploty a vzorek se jí nedotýká. Tepelný zdroj je předeřhřát na teplotu, která je vyšší než teplota okolí [1].

Alambeta

Tento přístroj, viz obr. č. 1, byl vyvinutý panem Hesem a Doležalem. Měří termofyzikální parametry textilií. Přístroj je řízen programem, který je schopen vyhodnocovat statistické hodnoty naměřených údajů. Měření trvá méně než 3-5 min. Přístroj měří tloušťku materiálu, měrnou tepelnou vodivost, plošný odpor vedení tepla, tepelný tok, měrnou teplotní vodivost, součín, tepelnou jímavost, poměr maximálního a ustáleného tepelného toku a počet měření [1].

Měření na přístroji ALAMBETA

Měření na přístroji Alambeta se řídí normou č. 23-303-01/01 – Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií.

Tato norma určuje stupeň vlhkostní jímavosti textilií nepřímou metodu pomocí přístroje ALAMBETA, ve kterém se napodobuje a hodnotí tepelně kontaktní vjem mezi vlhkou pokožkou a suchou textilií [7].

Postup zkoušky

Minimální rozměry vzorku jsou 10 x 10 cm, maximální velikost je neomezena. Pro přesné měření je důležité vkládat vzorky bez přehybů, zvlnění či nečistot. Nemělo by docházet k opětovnému měření stejného místa na vzorku [7].

Měřený vzorek se položí lícem na spodní část přístroje, ta je udržována na teplotě okolí. Spustí se hlavice, která je o 10 K teplejší než prostředí. Teplota hlavice by měla odpovídat teplotě lidského těla. V tomto okamžiku se povrchová teplota vzorku náhle změní a přístroj začne zaznamenávat naměřená data [7].



Obr. č. 1 - Schéma přístroje Alambeta

Pro statistické zpracování je minimální počet měření 3 a maximální 20. Přístroj vypočítá aritmetický průměr z jednotlivých měření a variační koeficient při 95% hladině spolehlivosti. Nakonec se materiál rozdělí do pěti skupin podle následujícího vyhodnocení (tabulka č. 1).

Tabulka č. 1 – Vyhodnocení vlhkostní jímavosti

Škála naměřených hodnot b pro vyhodnocení vlhkostní jímavosti:

➤ stupeň 5	výborná	400-550	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 4	dobrá	550-650	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 3	průměrná	650-750	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 2	podprůměrná	750-850	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 1	nedostačující	850 a více	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$

Pozn. Při měření je hlavice zahřátá na teplotu 32°C (teplota odpovídá průměrné teplotě lidské pokožky) a textilie je udržována na teplotě 22°C [1].

Naměřené parametry [6]:

- Tloušťka materiálu

značka: **h**

jednotky: [mm]

- Měrná tepelná vodivost

značka: **λ**

jednotky: $[W \cdot m^{-1} K^{-1}]$

Množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. Výsledná hodnota se musí dělit 10^3 .

- Plošný odpor vedení tepla

značka: **r**

jednotky: $[W^{-1} K \cdot m^2]$

Je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti.

$$r = h / \lambda \quad (1)$$

- Tepelný tok

značka: **q**

jednotky: [W/m²]

Množství tepla šířící se z hlavice přístroje o teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času.

$$q = b ((t_2 - t_1) / (\pi \tau))^{1/2} \quad (2)$$

- Měrná teplotní vodivost

značka: **a**

jednotky: [m²s⁻¹]

Schopnost látky vyrovnávat teplotu. Čím je a vyšší, tím vzorek rychleji vyrovnává teplotu. Výsledná hodnota se musí dělit 10⁶.

$$a = \lambda / (c \rho) \quad (3)$$

- Měrná tepelná kapacita

značka: **c**

jednotky: [J.kg⁻¹K⁻¹]

$$c = \Delta Q / \Delta t \quad (4)$$

- Tepelná jímavost

značka: **b**

jednotky: [W.m⁻²s^{1/2}K⁻¹]

Množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Čím je b větší, tím materiál hmatem pocítujeme chladnější.

$$b = (\lambda \rho c)^{1/2} \quad (5)$$

- Poměr maximálního a ustáleného tepelného toku
značka: **p**
jednotky: [1]
- Počet měření
značka: **n**
jednotky: [1]

1.3 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je stav organismu, kdy jsou termofyziologické funkce lidského organismu na optimální úrovni. Člověk tento stav vnímá jako pocit pohodlí [1].

Termofyziologický komfort lze hodnotit [1]:

- teplotou pokožky,
- vlhkostí pokožky,
- obsahem CO₂ nad pokožkou ve vzdušné vrstvě.

Teplota pokožky

Lidské tělo má ve svých částech rozdílnou teplotu. Průměrná teplota pokožky by se měla pohybovat kolem 33 – 35°C. Nejlépe prokrvené části lidského těla mají teplotu 35 – 36°C, mezi ně patří: hlava, břicho a hrudník. Naopak nejhůře prokrvené části lidského těla mají teplotu 23 – 28°C. Mezi ně patří: ušní lalůčky, nos a konečky prstů. Na okrajových částech těla, jako jsou ruce a nohy, naměříme teplotu 29 – 31°C [1].

Vlhkost pokožky

Organismus se s teplotními změnami vyrovnává pomocí pocení. Při normálním prokrvení organismu nedochází k pocení a nenastává pocit chladu [9].

Obsah CO₂ nad pokožkou ve vzdušné vrstvě

Jedná se o koloběh výměny O₂ a CO₂, kdy kyslík vstupuje do organismu a zpětně z organismu vystupuje oxid uhličitý (z kůže do okolního prostředí). Mezi oděvem a kůží se tvoří specifická klimatická vrstva, která se nazývá mikroklima oděvu. Mikroklima oděvu je charakterizováno teplotou, relativní vlhkostí a obsahem CO₂ [9].

Termofyziologický komfort nastává při těchto podmínkách [1]:

- teplota pokožky 33 – 35°C,
- relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$,
- rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$,
- obsah CO₂ 0,07%,
- nepřítomnost vody na pokožce.

Při konstrukci oděvů je nutné, aby byly zajištěny tyto optimální hodnoty [1].

Permetest

Na tomto přístroji, viz obr. č. 2, můžeme měřit tepelný a výparný odpor textilií a relativní propustnost textilií pro vodní páru. Přístroj umožňuje volbu počátečních parametrů teploty hlavice, rychlosti vzduchu v měřicím kanálu a stupeň zavlhčení měřicí hlavice [1].

Měření na přístroji PERMETEST

Měření na přístroji Permetest se řídí normou č. 23-304-01/01 – Stanovení termofyziologických vlastností textilií.

Předmětem této normy je způsob měření tepelného a výparného odporu textilií a relativní propustnosti textilií pro vodní páru. Textilií lze zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Výparný odpor má za úkol při ochlazování těla odpařovat pot z povrchu pokožky. Úroveň ochlazování závisí na rozdílu parciálních tlaků vodních par jak na povrchu pokožky, tak i ve vnějším prostředí. A také závisí na propustnosti oděvní soustavy pro vodní páry. Výparný odpor charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu [8].

Postup zkoušky

Minimální velikost vzorku je 12 x 12 cm. Do přístroje je vkládán lícem nahoru.

Povrch přístroje je porézní a je zvlhčován. Je simulována funkce ochlazování pocením. Měřený vzorek je položen na povrch přes separační folii. Jeho vnější strana je ofukována. Při měření je hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu (20 – 23°C) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru. Vzduch je do přístroje nasáván. V průběhu měření se vlhkost mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Vzniklý výparný tok je měřen speciálním snímačem. Nejprve se měří tepelný tok bez vzorku a poté se vzorkem [8].

Měřená data zpracovává počítač. Pro statistické zpracování je minimální počet měření 3 a maximální počet 20. Vypočítává se aritmetický průměr z jednotlivých měření, variační koeficient při 95% hladině spolehlivosti [8].

Rychlost měření je výhodou tohoto přístroje, ale také možnost provádět měření v jakýchkoliv běžných klimatických podmínkách [8].



Obr. č. 2 - Schéma přístroje Permetest

Naměřené parametry [8]:

- Relativní paropropustnost

značka: P_{rel}

jednotky: [%]

100% paropropustnost představuje tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru, jako má měřený vzorek. Jestliže se hladina překryje vzorkem, tepelný tok se sníží.

$$P_{rel} = 100 (q_v/q_o) \quad (6)$$

- Výparný odpor

značka: R_{et}

jednotky: [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \text{W}^{-1}$]

Z relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty je určen parciální tlak vodní páry ve vzduchu.

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v - 1 - q_o - 1) \quad (7)$$

- Tepelný odpor

značka: R_{ct}

jednotky: [$\text{m}^2 \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

Tepelný odpor je odporem proti prostupu tepla vzorkem při teplotě T_m jedné jeho strany a při přenosu tepla konvekci z jeho druhé strany do vzduchu o teplotě T_a . Tepelný odpor vnější mezní vrstvy se odečítá.

$$R_{ct} = (T_m - T_a) (q_v - 1 - q_o - 1) \quad (8)$$

Vyhodnocení výparného odporu [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \text{W}^{-1}$] [1]:

- 6 a méně ... velmi dobrá
- 6 – 13 dobrá
- 13 – 20 uspokojivá
- 20 a více neuspokojivá

1.4 Patofyziologický komfort

Patofyziologie je věda, která se zabývá působením mezi oděvem a organismem. Patofyziologický komfort je dán vzájemným působením mikroorganismů vyskytujících se na pokožce a působením chemických substancí obsažených v textiliích. Záleží na odolnosti lidské pokožky proti těmto chemickým látkám. Pokud je patologický komfort na nízké úrovni, může dojít k onemocnění kůže. Kožní onemocnění může být způsobeno buď drážděním, nebo alergií. Úroveň patofyziologického komfortu je v poslední době zvyšována pomocí různých úprav, které snižují dráždivost a jsou antimikrobiální. Jedná se o chemické úpravy vláken i tkanin a použití kompozit s baktericidními vlastnostmi [1].

2 TERMOREGULACE

Termoregulace je schopnost udržet tělesnou teplotu, nezávazně na změnách teploty vnějšího okolí. Organismus člověka představuje samoregulační systém. Jeho fyziologický mechanismus má za úkol udržet stálost vnitřního prostředí na principu rovnováhy mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného do okolního prostředí [1].

Teplota vnitřního prostředí člověka se pohybuje kolem $36 - 37^{\circ}\text{C}$. Kolísá v rozmezí $\pm 4^{\circ}\text{C}$ a to je způsobeno vnitřními, ale i vnějšími vlivy [1].

Termoregulace je tedy proces, který udržuje tělesnou teplotu na optimální hodnotě. Člení se na dva druhy [1]:

- chemická (tvorba tepla) – Představuje látkovou proměnu - tvorbu tepla. Je závislá na fyzické zátěži organismu (na jeho činnosti).
- fyzikální (výdej tepla) – Zahrnuje podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu, - tvorbu a výdej tepla.

2.1 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla

Lidský organismus produkuje vodu ve formě potu. Na vyloučení potu potřebného k ochlazování kůže se podílejí potní žlázy. K pocení dochází, jestliže okolní prostředí není na dostatečně nízké teplotě, která by zajistila odvod metabolického tepla. Pocení jako bezprostřední reakce na tepelné zatížení těla se rozlišuje na neznatelné a znatelné [2].

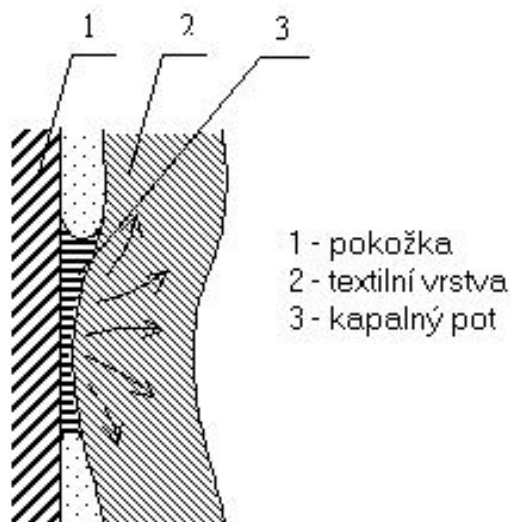
Transport vlhkosti se řídí principy [1]:

- difúzí
- kapilárně
- sorpčně

2.2 Kapilární odvod

Kapilární odvod potu, viz obr. č. 3, spočívá v tom, že pot v kapalném stavu je odsáván první textilní vrstvou a jejími kapilárními cestami vzlíná do její plochy všemi

směry. Stejným principem je transportován do dalších vrstev. Jde o tzv. knotový efekt. Parciální tlak vodních par v mikroklimatu se snižuje jen velmi málo. Kůže ze strany textilie je smáčena odsávaným potem, intenzita přestupu je dána parciálním spádem Δp . Kapilární odvod je dále závislý na smáčecí schopnosti textilie a vláken [6].



Obr. č. 3 – Odvod potu první textilní vrstvou [1]

Kapilární tlak ΔP , způsobující tok kapalné vlhkosti obecně od velkých pórů o efektivním poloměru R k malým pórům odpovídajícího poloměru r , je úměrný povrchovému napětí vody γ a funkci \cos kontaktního úhlu θ (charakterizující smáčecí schopnosti této textilie) podle rovnice [1]:

$$\Delta P = 2\gamma [(p_r \cos \theta_r / r) - (p_r \cos \theta_r / R)] \quad (9)$$

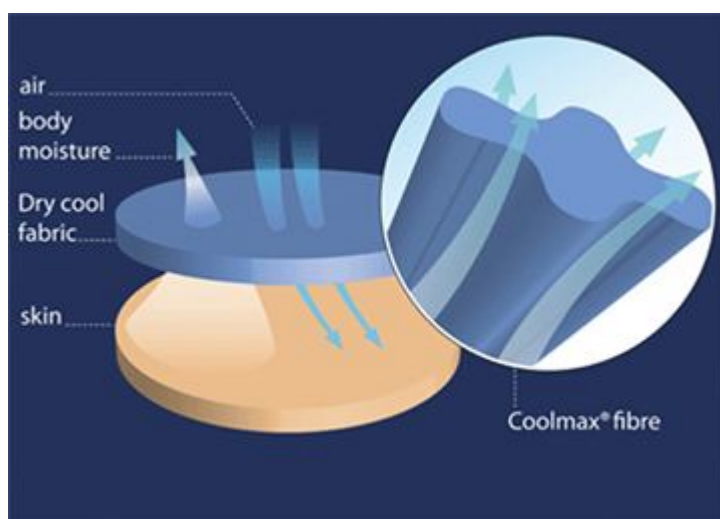
V této rovnici p představuje zvětšení vnitřního povrchu kapilárních kanálů. Kapilární tlak se zvyšuje, jestliže na textilií byly provedeny povrchové úpravy, které zvyšují drsnost vláken (např. laserová úprava). Tyto upravené látky vykazují vyšší knotové vlastnosti [1].

Pro dotažení intenzivního odvodu vlhkosti, musí být struktura příze kompaktní a prostor mezi speciálně tvarovanými vlákny co nejmenší. Současně musí být adheze

(přilnavost) mezi kapalinou a vláknem dostatečně malá, aby výsledný silový účinek preferoval pohyb vlhkosti. Vlákná, u kterých adhezní síly převyšují síly kapilární, jsou bavlněná nebo viskózová [1].

Po zavlhčení bavlněného úpletu kapkou vody o 0,3 ml se vlhkost rozšíří do kruhu menší než 20 mm. Zatímco stejné zavlhčení úpletu COOLMAX (obr. č. 4) se rozšíří do kruhu o průměru 50 mm. Podobně fungují vlákna s nekruhovým průřezem. Lokální zatížení textilie absorbovaným potem poklesne, takže nedojde ke vzniku diskomfortního kontaktního vjemu. Rychlost sušení je vysoká pomocí nízkých adhezních sil [1].

Zavlhčíme-li úplet z mikrovláken kapkou vody, rozvod vlhkosti do okolí bude brzděn vysokými adhezními silami. Výhodami těchto textilií je schopnost vysoké akumulace vlhkosti a její relativně rychlý odpar [1].



Obr. č. 4 – Coolmax [11]

Pro zvýšení kapilárního tlakového rozdílu ΔP byl vyvinut princip „stromový efekt“. Jsou to 3 vrstvy hydrofobních vláken, kde ekvivalentní průměr kapilár je v každé vrstvě jiný. Vrstva, která je nejbližší ke kůži, má průměr nejvyšší. Směrem k vnějšímu prostředí průměr klesá. Tímto se vytváří tlakový spád, který kapalnou vlhkost uvádí do pohybu směrem od kůže [1].

Při působení dynamické síly (vibrace oděvu při tělesném pohybu) vlhkost přestupuje z pokožky do hydrofobní kontaktní vlákenné vrstvy. Nebo povrch textilie

musí být chemicky upraven. Úpravy bývají často jen dočasné. Trvalé úpravy můžeme dosáhnout např. ozářením povrchu ionizujícím zářením [1].

2.3 Vlhkostní jímavost

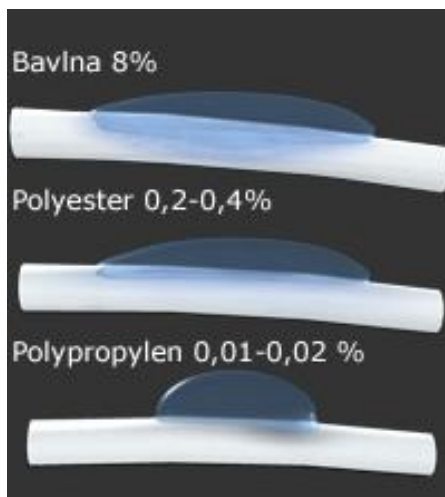
Vlhkostní jímavost se určuje pomocí přístroje ALAMBETA. Při zkoušce se simuluje a objektivně hodnotí tepelně kontaktní vjem mezi vlhkou pokožkou a suchou textilií při krátkodobém kontaktu pokožky s textilií.

Podstata zkoušky

Hodnotí úroveň tepelného toku q , který prochází horním povrchem vlhčeného vzorku. Ten napodobuje vlhkou (zpocenou) lidskou pokožku. Po kontaktu dochází k odvodu vlhkosti v důsledku povrchové sorpce. Textilie o vyšší sorpci a vyšším kapilárním odvodu vlhkosti vykáže sušší (teplejší) omak a naopak [7].

Postup zkoušky

Postup zkoušky je totožný s postupem, který byl popsán u přístroje ALAMBETA.



Obr. č. 5 – Nasákavost vláken [13]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části budou měřeny vzorky na přístroji PERMETEST (výparný odpor a relativní paropropustnost) a na přístroji ALAMBETA (tepelný odpor a vlhkostní jímavost). Naměřené údaje jsou zaznamenány v tabulkách.

Pro porovnání bude měřeno 13 vzorků. Z toho 12 vzorků z vláken s nekulatým průřezem a 1 vzorek z vláken s kulatým průřezem. Vzorky jsou pouze z polypropylenu. Polyesterové vzorky neměly dostačující rozměry dle norem (č. 23-303-01/01 a č. 23-304-01/01) pro měření na obou používaných přístrojích. Proto tyto vzorky nebyly použity.

3 POLYPROPYLEN

Polypropylen, viz. obr. č. 6, je chemické vlákno, které se zvláknuje z polymeru tryskami do šachty, vlákna s většími příčnými rozměry do vodní lázně. Jsou obtížně barvitelné a nesorpční. Používají se převážně pro technické účely do stavebních směsí (do betonů a malt), dále do podkladových tkanin na vsívané koberce pro jejich pružnost. Také jsou vhodné jako netkané textilie (umělé trávníky, geotextilie, běžecké dráhy). Je vhodný pro výrobu lan a provazů, kvůli své nízké hustotě [5]. Dále je polypropylen vhodný pro výrobu sportovních oděvů. Pletenina pojme velké množství vzduchu. Ten působí jako izolační vrstva v okamžiku, kdy tělo je bez zátěže a ochlazuje se [13].

Výhody polypropylenu jsou odolnost vůči oděru, trvanlivost, nízká měrná hmotnost, snadná formovatelnost, nízká úroveň elektrostatického náboje [3].

Nevýhody jsou nízké (pomalé) zotavení, nízká navlhavost, nízká tepelná odolnost (tepelná sráživost), nepříjemný omak (voskovitý), malá tuhost, nízká barvitelnost [3].



Obr. č. 6 – průřez polypropylenovým vláknem [13]

4 VZORKY

Vzorek č. 1

Materiál: polypropylen

Druh: oboulicní pletenina

Tloušťka: 1,42 mm

Plošná hmotnost: 149,28 g/m²

Barva: bílá

Vzorek č. 2

Materiál: polypropylen

Druh: žebrová podkládaná pletenina

Tloušťka: 1,10 mm

Plošná hmotnost: 129,09 g/m²

Barva: černá

Vzorek č. 3

Materiál: polypropylen

Druh: žebrová pletenina

Tloušťka: 1,44 mm

Plošná hmotnost: 142,73 g/m²

Barva: natur

Vzorek č. 4

Materiál: polypropylen

Druh: oboulicní vaflová pletenina

Tloušťka: 1,67 mm

Plošná hmotnost: 161,27 g/m²

Barva: červená

Vzorek č. 5

Materiál: polypropylen

Druh: obouliční pletenina

Tloušťka: 1,44 mm

Plošná hmotnost: 97,54 g/m²

Barva: červená

Vzorek č. 6

Materiál: polypropylen

Druh: obouliční pletenina - petinet

Tloušťka: 1,47 mm

Plošná hmotnost: 153,93 g/m²

Barva: černá

Vzorek č. 7

Materiál: polypropylen

Druh: obouliční pletenina - petinet

Tloušťka: 2,23 mm

Plošná hmotnost: 210,91 g/m²

Barva: šedá

Vzorek č. 8

Materiál: polypropylen

Druh: obouliční chytová pletenina

Tloušťka: 2,25 mm

Plošná hmotnost: 223,45 g/m²

Barva: světle modrá

Vzorek č. 9

Materiál: polypropylen

Druh: jednolící pletenina - plyš

Tloušťka: 1,59 mm

Plošná hmotnost: 252,24 g/m²

Barva: černá

Vzorek č. 10

Materiál: polypropylen

Druh: jednolící pletenina - plyš

Tloušťka: 1,67 mm

Plošná hmotnost: 265,95 g/m²

Barva: fialová

Vzorek č. 11

Materiál: polypropylen

Druh: interloková pletenina

Tloušťka: 0,87 mm

Plošná hmotnost: 157,74 g/m²

Barva: tmavě modrá

Vzorek č. 12

Materiál: polypropylen

Druh: oboulící dvouvrstvá pletenina

Tloušťka: 0,87 mm

Plošná hmotnost: 195,64 g/m²

Barva: šedíková

Vzorek č. 13 – kruhový průřez vlákna

Materiál: polypropylen

Druh: jednolící pletenina

Tloušťka: 1,45 mm

Plošná hmotnost: 254,75 g/m²

Barva: bíločervená

5 MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI PERMETEST

Měření na přístroji PERMETEST probíhalo za těchto podmínek:

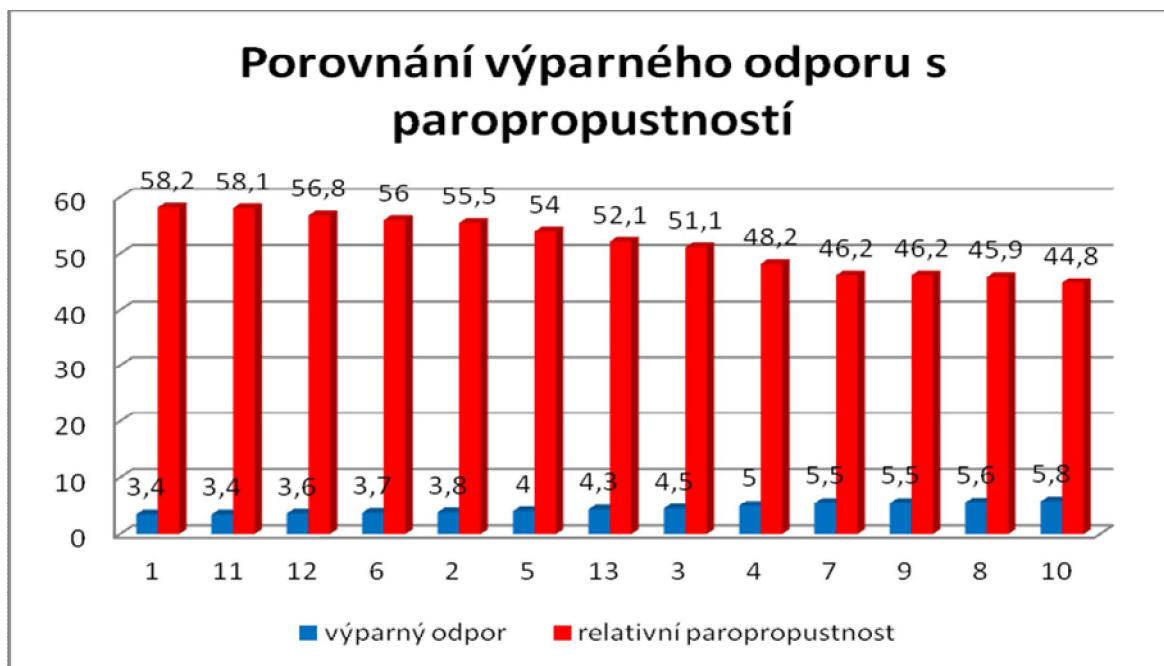
- Teplota: 25°C,
- relativní vlhkosti vzduchu: 27%.

Než začalo samotné měření, musely být vzorky zbaveny nečistot a zkontrolovány zda jsou bez přehybů. Dále bylo všech 13 vzorků postupně vkládáno na separační folii vždy lícem nahoru. Každý vzorek byl měřen 3x.

V tabulce č. 2 jsou zaznamenány naměřené hodnoty výparného odporu a relativní paropropustnosti, dále jejich průměry a variační koeficienty.

Tabulka č. 2 - Výparný odpor a relativní paropropustnost textilií

Vzorek	Výparný odpor [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]		Relativní paropropustnost [%]	
	Průměr	CV [%]	Průměr	CV [%]
1	3,4	4,2	58,2	2,0
2	3,8	2,1	55,5	1,4
3	4,5	4,4	51,1	2,4
4	5,0	2,8	48,2	1,4
5	4,0	3,6	54,0	1,9
6	3,7	0,3	56,0	0,3
7	5,5	5,4	46,2	3,2
8	5,6	1,3	45,9	0,8
9	5,5	1,3	46,2	0,6
10	5,8	2,7	44,8	1,8
11	3,4	5,3	58,1	2,4
12	3,6	1,4	56,8	0,4
13	4,3	2,7	52,1	1,3



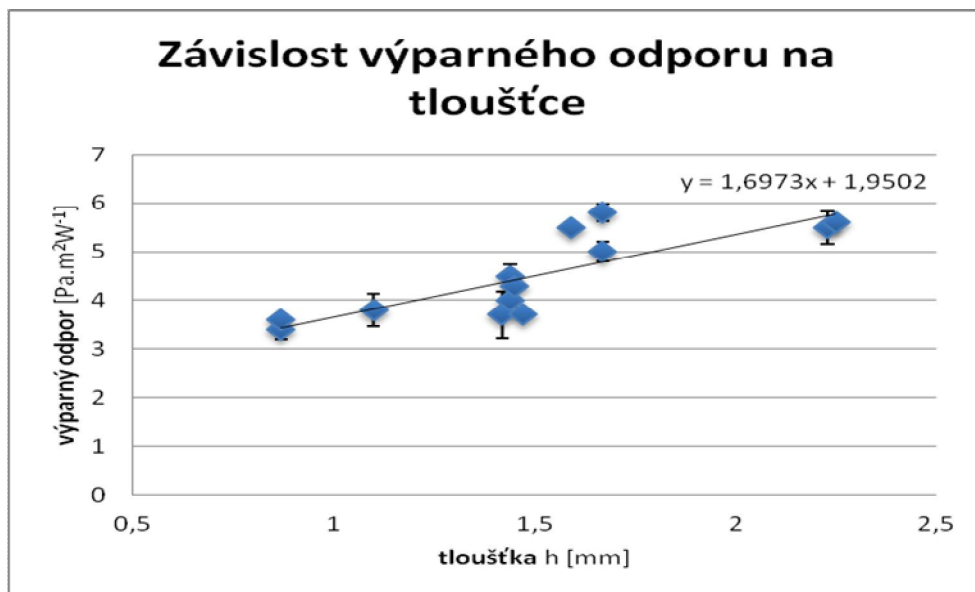
Graf č. 1 – Porovnání výparného odporu s paropropustností

Podle grafu č. 1 jsou vzorky seřazeny vzestupně dle výparného odporu. Všechny měřené vzorky mají výparný odpor pod $6 \text{ Pa.m}^2\text{W}^{-1}$. Z toho vyplývá, že jejich vlastnosti jsou velmi dobré.

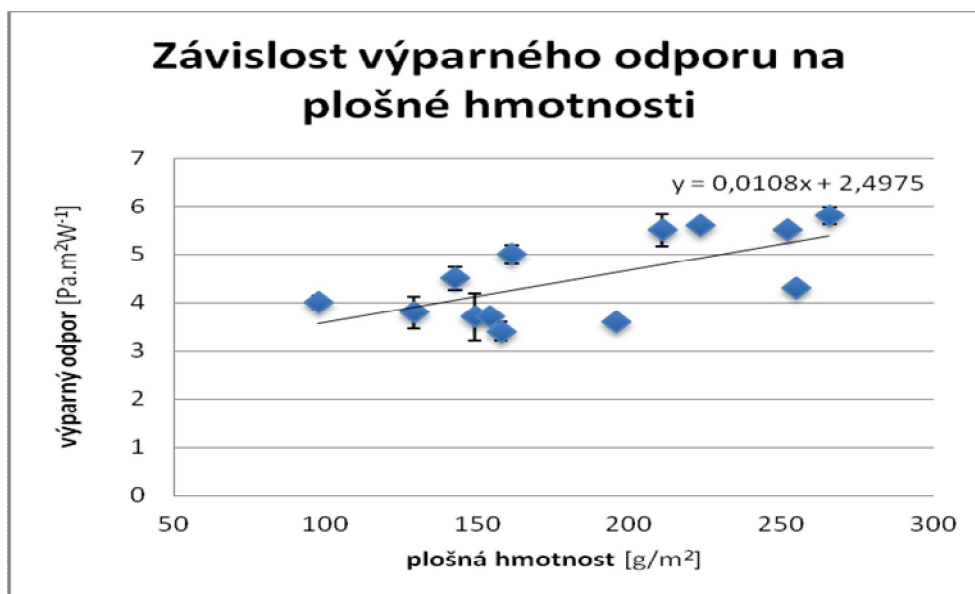
Nejmenší výparný odpor ($3,4 \text{ Pa.m}^2\text{W}^{-1}$) a zároveň nejvyšší relativní paropropustnost (58,2 %) má vzorek číslo 1 – oboulící pletenina. A naopak nejhorší výparný odpor ($5,8 \text{ Pa.m}^2\text{W}^{-1}$) a nejnižší relativní paropropustnost (44,8 %) má vzorek číslo 10 – plyš.

Vzorek č. 13 (vlákna s kruhovým průřezem) se se svým výparným odporem ($4,3 \text{ Pa.m}^2\text{W}^{-1}$) řadí také mezi velmi dobré hodnocení. Svým výsledkem je přesně v polovině všech vzorků. Neprokázal se tedy rozdíl ve výsledcích výparného odporu a relativní paropropustnosti mezi různými průřezy vláken.

V grafu si také můžeme všimnout, že čím je nižší výparný odpor, tím je relativní paropropustnost vyšší.

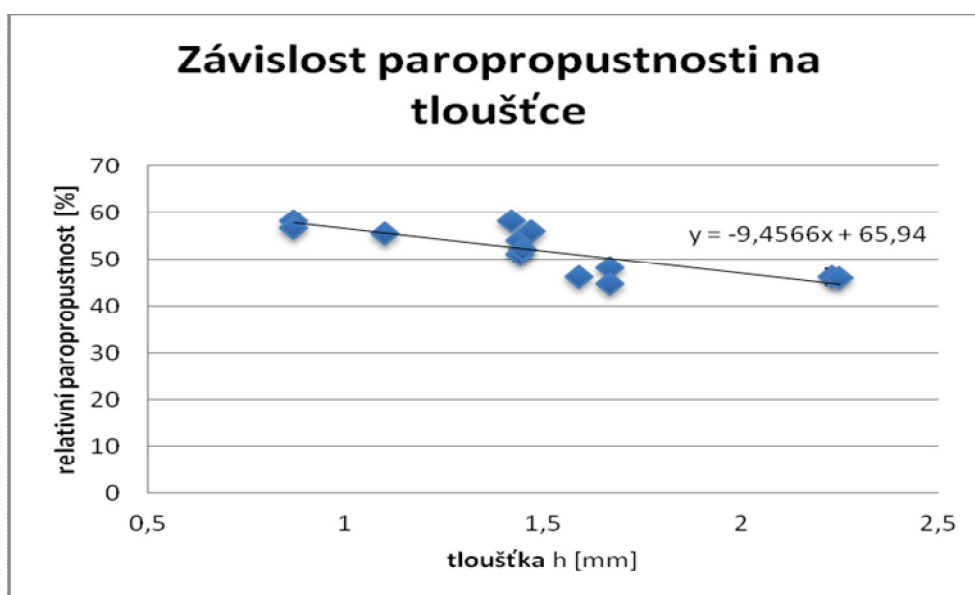


Graf č. 2 – Závislost výparného odporu na tloušťce

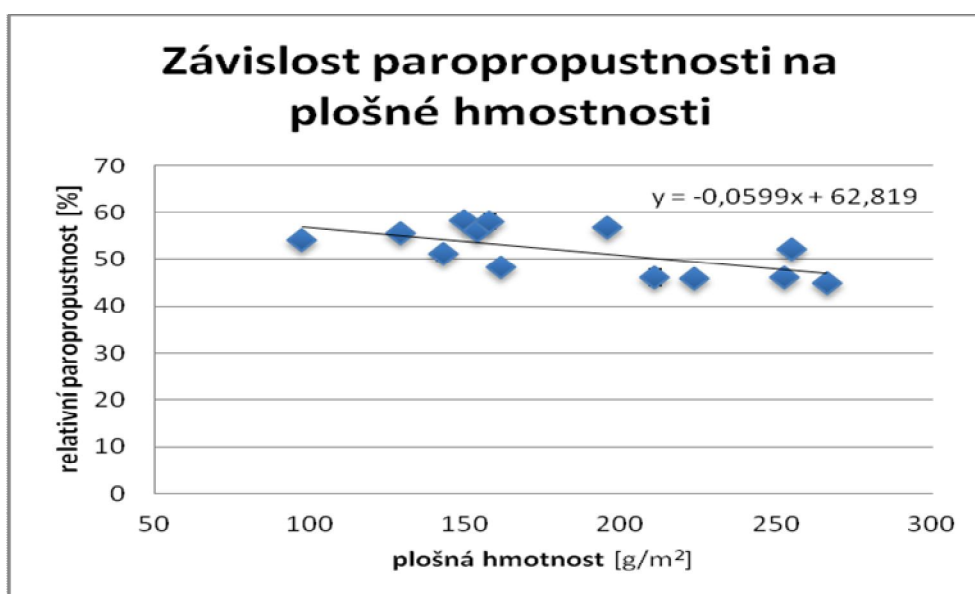


Graf č. 3 – Závislost výparného odporu na plošné hmotnosti

Podle grafů č. 2 a 3 vidíme, že všechny hodnoty se pohybují v intervalu od 0 do 1 od spojnice trendu. To znamená, že u měřených vzorků výparný odpor závisí na tloušťce i na plošné hmotnosti materiálu. Čím má textilie větší tloušťku, tím má vyšší výparný odpor. A naopak čím má menší tloušťku materiálu, tím má nižší i výparný odpor. Dále na grafech vidíme, že chybové úsečky jsou malé. To znázorňuje, že na měřených hodnotách nebyly vysoké odchylky.



Graf č. 4 – Závislost paropropustnosti na tloušťce



Graf č. 5 – Závislost paropropustnosti na plošné hmotnosti

Na grafech č. 4 a 5 lze vidět, že u měřených vzorků paropropustnost závisí na tloušťce i plošné hmotnosti textilie. Čím větší je tloušťka nebo plošná hmotnost vzorku, tím je paropropustnost vyšší a naopak. Spojnice trendu je v optimu, hodnoty se pohybují v intervalu od 0 do 1. Chybové úsečky jsou minimální, to znamená, že při měření nedošlo k odchylkám.

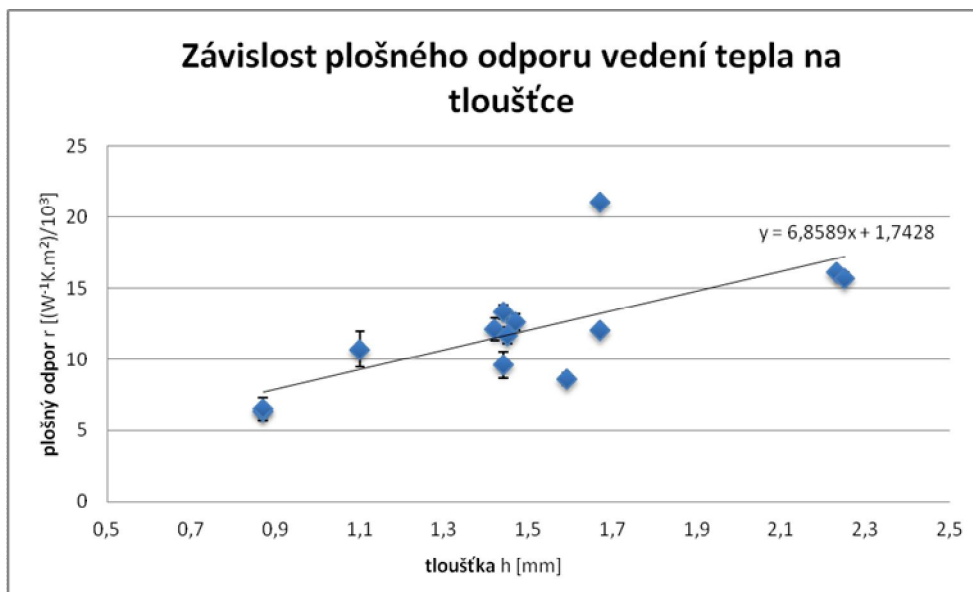
6 MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI ALAMBETA

Na přístroji Alambeta bylo také testováno všech 13 vzorků. Do přístroje byly vzorky vkládány postupně rubem nahoru bez přehybů a nečistot. Nejprve byly měřeny všechny vzorky za sucha, poté za vlhka.

Následující tabulka č. 2 obsahuje naměřený plošný odpor vedení tepla, variační koeficient a tloušťku.

Tabulka č. 3 - Plošný odpor vedení tepla

Vzorek	Tloušťka		Plošný odpor vedení tepla	
	Tloušťka h [mm]	Variační koeficient [%]	Plošný odpor vedení tepla r $[(W^{-1}K.m^2)/10^3]$	Variační koeficient [%]
1	1,42	1,3	12,1	10,6
2	1,10	5,7	10,7	15,5
3	1,44	1,2	9,6	10,5
4	1,67	8,2	21,0	56,3
5	1,44	9,8	13,3	7,8
6	1,47	3,9	12,6	8,3
7	2,23	4,1	16,1	3,1
8	2,25	0,9	15,7	6,6
9	1,59	2,3	8,6	3,9
10	1,67	0,6	12,0	3,3
11	0,87	2,1	6,3	2,9
12	0,87	2,8	6,5	6,0
13	1,45	2,0	11,7	7,6



Na grafu č. 7 je vidět, že plošná hmotnost textilie nemá vliv na plošný odpor. Je tedy zřejmé, že plošná hmotnost textilie nemá tak zásadní vliv na hodnoty plošného odporu vedení tepla jako tloušťka textilie. Tyto výsledky byly zjišťovány ze vzorků měřených za mokra. Chybové odchylky jsou nevýznamné.

V tabulce č. 4 je zaznamenána tepelná jímavost za sucha i za mokra a variační koeficienty.

Tabulka č. 4 - Tepelná jímavost

Vzorek	Tepelná jímavost			
	Tepelná jímavost b za sucha [W.m ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	Variační koeficient [%]	Tepelná jímavost b za mokra [W.m ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	Variační koeficient [%]
1	86,1	1,3	403	26,8
2	90,4	5,3	495	29,9
3	76,8	5,4	764	26,3
4	65,4	4,5	401	53,6
5	76,5	3	406	20,4
6	85,8	8,7	456	14,5
7	89,1	5,6	520	10,6
8	95,6	4,1	456	3,3
9	96,8	2,8	732	6,2
10	100	7,3	407	12,9
11	134	3,4	562	12,2
12	126	1,3	607	7,5
13	82,7	5	497	17,0

Tabulka č. 5 nám ukazuje zjištěnou vlhkostní jímavost všech vzorků vyhodnocenou podle tabulky č. 6.

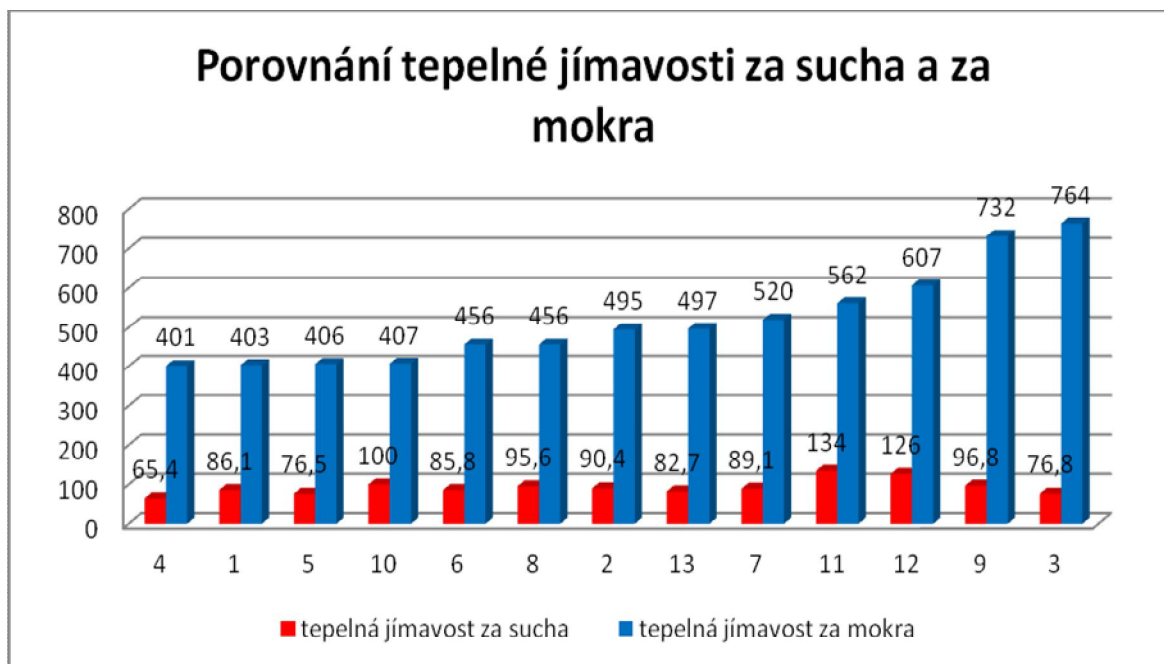
Tabulka č. 5 – Vyhodnocení vlhkostní jímavosti

Vzorek	Stupeň	Vlhkostní jímavosti
1	5	Výborná
2	5	Výborná
3	2	Podprůměrná
4	5	Výborná
5	5	Výborná
6	5	Výborná
7	5	Výborná
8	5	Výborná
9	3	Průměrná
10	5	Výborná
11	4	Dobrá
12	4	Dobrá
13	5	Výborná

Tabulka č. 6 – vyhodnocení vlhkostní jímavosti

Škála naměřených hodnot b pro vyhodnocení vlhkostní jímavosti:

➤ stupeň 5	výborná	400-550	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 4	dobrá	550-650	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 3	průměrná	650-750	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 2	podprůměrná	750-850	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$
➤ stupeň 1	nedostačující	850 a více	$[W m^{-2} s^{1/2} K^{-1}]$

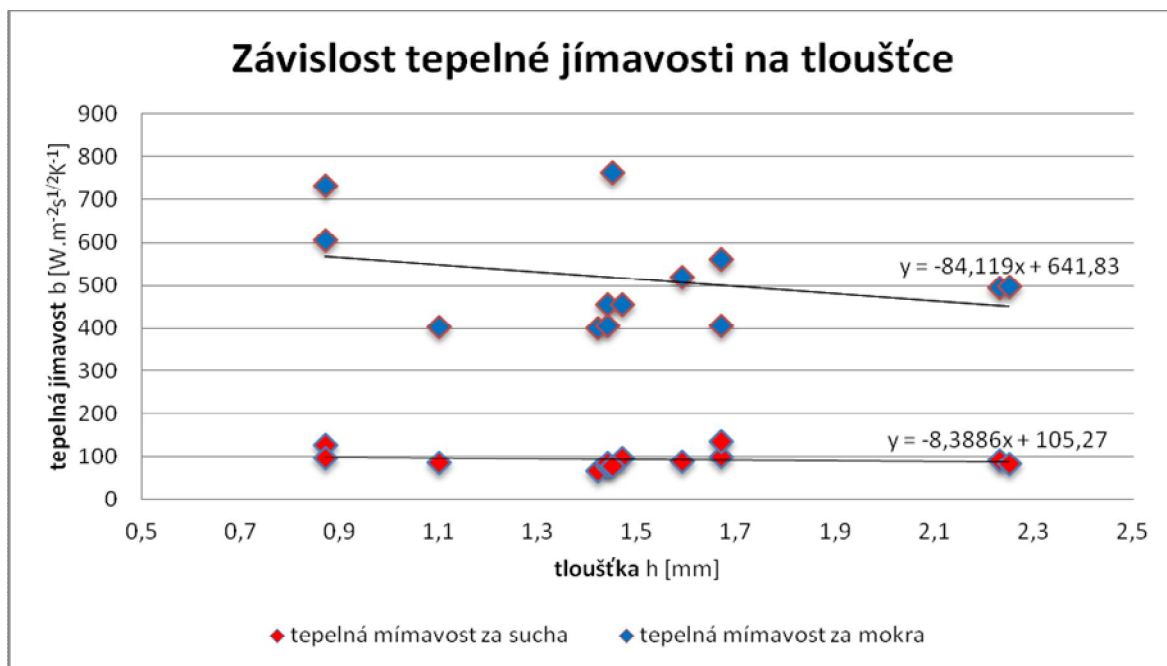


Graf č. 8 – Porovnání tepelné jímavosti za sucha a za mokra

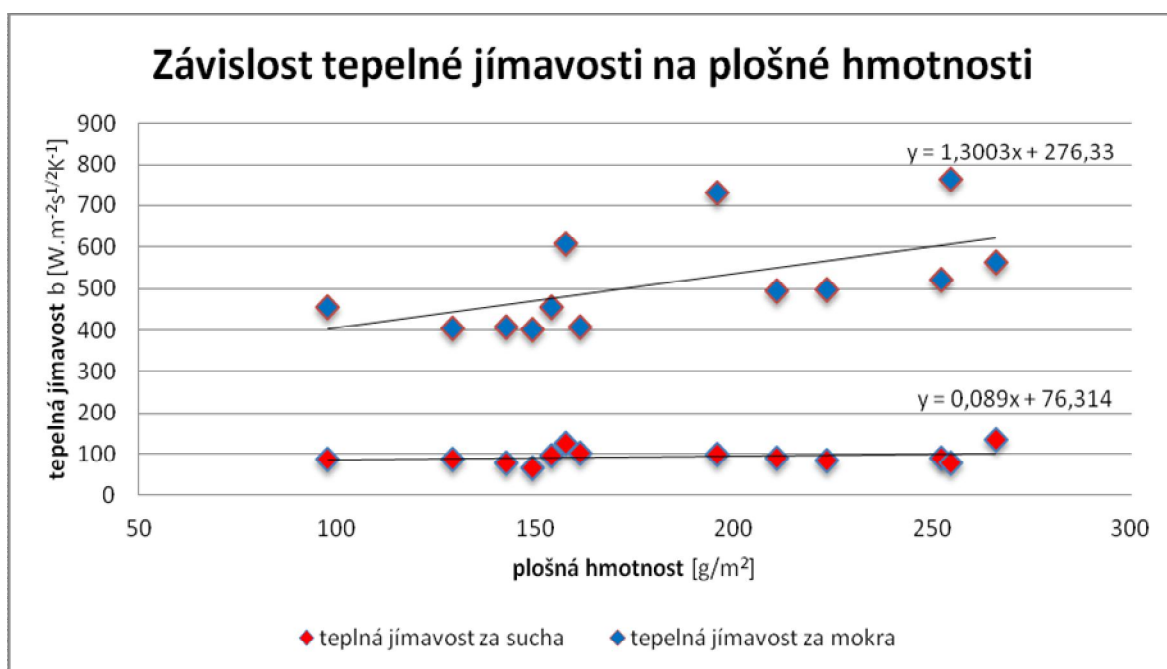
Z grafu č. 8 můžeme vidět, že tepelná jímavost za sucha je v rozmezí od 65,4 do 134 $\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Za mokra se tepelná jímavost pohybuje od 401 do 764 $\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$.

Výbornou vlhkostní jímavost mají vzorky č. 1, 2, 4, 5, 6, 8, 7, 10 a 13. Jejich tepelná jímavost se pohybuje v rozmezí od 400 do 500 $\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Dobrou vlhkostní jímavost mají dva vzorky, a to vzorek č. 11 a 12. U nich se výsledky pohybují od 550 do 650 $\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Vzorek č. 13 (vlákna s kruhovým průřezem) se svou tepelnou jímavostí za mokra řadí do první skupiny. Má výbornou vlhkostní jímavost.

Podle výsledků z měření by se dalo říci, že všechny vzorky jsou vhodné na letní sportovní aktivity. Jen vzorek č. 3 se liší. Ten má vlhkostní jímavost podprůměrnou. Ostatní zkoumané vzorky se hodí i pro náročnější sportování.



Graf č. 9 – Závislost tepelné jímavosti na tloušťce



Graf č. 10 – Závislost tepelné jímavosti na plošné hmotnosti

Na grafech č. 9 a 10 lze vidět, že u vzorků zkoušené za sucha má tloušťka i plošný odpor textilie vliv na tepelnou jímavost. Jejich spojnice trendu jsou v optimu. Výsledky se pohybují v intervalu 0 až 1.

Ale u vzorků zkoušené za mokra tepelná jímavost nezávisí na tloušťce ani na plošném odporu textilie. Zde se spojnice trendu nepohybuje ve svém intervalu. Chybové úsečky jsou na obou grafech minimální.

ZÁVĚR

Práce byla rozdělena do dvou částí, a to na teoretickou a praktickou.

V první části jsou vysvětleny základní pojmy, které jsou pro tuto práci důležité. Je zde popsán komfort a jeho rozdělení – oděvní psychologický komfort, senzorický komfort, termofyziologický komfort a patofyziologický komfort. Nejvíce se práce zabývá komfortem senzorickým a termofyziologickým a jejich způsoby vyhodnocení. Dále se práce zabývá odvodem kapalně vlhkosti z povrchu lidského těla a kapilárním odvodem.

V druhé části práce jsou zaznamenány hodnoty naměřené na přístrojích ALAMBETA a PERMETEST. Na těchto strojích byla zjišťována relativní paropropustnost s výparným odporem (na přístroji Permetest) a tepelná jímavost s plošným odporem vedení tepla (na přístroji Alambeta). Dále na vzorkách byla zjišťována jejich tloušťka a plošná hmotnost.

Hlavním cílem práce bylo rozhodnout, pro které klimatické podmínky a účel použití jsou zkoumané vzorky nejvíce vhodné. Zkoumáním a porovnáváním bylo zjištěno, že všechny vzorky mají výparný odpor pod $6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 \text{W}^{-1}$. To znamená, že mají velmi dobré vlastnosti. A proto jsou vhodné pro letní aktivity. Jak pro rekreační sportování, tak i sporty výkonnostní. Dále bylo zjištěno, že vlhkostní jímavost u většiny vzorků je výborná. Pohybuje se v intervalu od 400 do $550 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{1/2} \text{K}^{-1}$. Z toho plyne, že se tyto pleteniny hodí i pro sporty náročnější.

Při práci bylo porovnáváno 12 vzorků z vláken s nekuhovým průřezem a jeden z vláken s průřezem kruhovým. Vzorek z vláken s kruhovým průřezem podle výsledků můžeme zařadit mezi vzorky ostatní. Svými hodnotami se neliší. Pro přesnější zkoumání těchto vláken, by bylo potřeba více vzorků z vláken s kruhovým průřezem.

LITERATURA

- [1] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-708-3926-0.
- [2] KUNEŠ, Josef, Milan HONNER a Zdeněk VESELÝ. *Tepelné bariéry*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 296 s. ISBN 9788020012180 (VÁZ.).
- [3] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002, 238 s. ISBN 80-708-3644-X.
- [4] SHISHOO, R.: *Textiles in sport*. 1.vyd. Cambridge: Woodhead publishing Limited, 2005. 201 s. ISBN-13: 978-1-85573-922-2.
- [5] STANĚK, Jaroslav. *Textilní zbožíznalství*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, 20012002, 84 s. ISBN 80-708-3555-9.
- [6] STANĚK, Jaroslav a Milada KUBÍČKOVÁ. *Oděvní materiály*. Liberec: Technická univerzita, 1986.
- [7] Interní norma č. 23-303-01/01. *Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií*. Liberec: Technická univerzita.
- [8] Interní norma č. 23-304-01/01. *Stanovení termofyziologických vlastností textilií*. Liberec: Technická univerzita.
- [9] MAIEROVÁ, Michaela. *Vliv proudění vzduchu na tepelné vlastnosti textilií*. 2011. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [10] STANĚK, David. *Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu*. 2008. Diplomová práce. Technická univerzita Ostrava.
- [11] *Gina - spodní prádlo: Coolmax®* [online]. 2009 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.gina.cz/shop/common/pagedetail.aspx?pagecode=coolmax>
- [12] *MOIRA.cz* [online]. 2008 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.moira.cz/h1-uvod.html>
- [13] *Velitec: Materiály - funkční prádlo* [online]. 2007 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.velitec.com/cs/termopradlo/materialy>

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. č. 1 - Schéma přístroje Alambeta
Obr. č. 2 - Schéma přístroje Permetest
Obr. č. 3 – Odvod potu první textilní vrstvou
Obr. č. 4 – Coolmax
Obr. č. 5 – Nasákavost vláken
Obr. č. 6 – průřez polypropylenovým vláknem

SEZNAM TABULEK

- Tabulka č. 1 – Vyhodnocení vlhkostní jímavosti
Tabulka č. 2 - Výparný odpor a relativní paropropustnost textilií
Tabulka č. 3 - Plošný odpor vedení tepla
Tabulka č. 4 - Tepelná jímavost
Tabulka č. 5 – Vyhodnocení vlhkostní jímavosti
Tabulka č. 6 – vyhodnocení vlhkostní jímavosti

SEZNAM GRAFŮ

- Graf č. 1 – Porovnání výparného odporu s paropropustností
Graf č. 2 – Závislost výparného odporu na tloušťce
Graf č. 3 – Závislost výparného odporu na plošné hmotnosti
Graf č. 4 – Závislost paropropustnosti na tloušťce
Graf č. 5 – Závislost paropropustnosti na plošné hmotnosti
Graf č. 6 – Závislost plošného odporu vedení tepla na tloušťce
Graf č. 7 – Závislost plošného odporu vedení tepla na plošné hmotnosti
Graf č. 8 – Porovnání tepelné jímavosti za sucha a za mokra
Graf č. 9 – Závislost tepelné jímavosti na tloušťce
Graf č. 10 – Závislost tepelné jímavosti na plošné hmotnosti

SEZNAM ROVNIC

- (1) plošný odpor vedení tepla
- (2) tepelný tok
- (3) měrná tepelná vodivost
- (4) měrná tepelná kapacita
- (5) tepelná jímavost
- (6) relativní paropropustnost
- (7) výparný odpor
- (7) tepelný odpor
- (8) kapilární tlak

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Vzorky materiálů

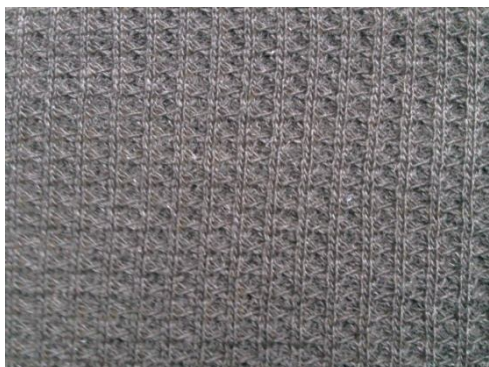
Příloha 1 – Vzorky materiálů



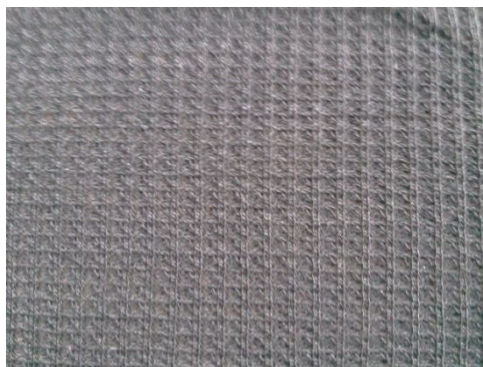
Vzorek č. 1 - líc



Vzorek č. 1 - rub



Vzorek č. 2 - líc



Vzorek č. 2 - rub



Vzorek č. 3 - líc



Vzorek č. 3 - rub



Vzorek č. 4 - líc



Vzorek č. 4 - rub



Vzorek č. 5 - líc



Vzorek č. 5 - rub



Vzorek č. 6 - líc



Vzorek č. 6 - rub



Vzorek č. 7 - líc



Vzorek č. 7 - rub



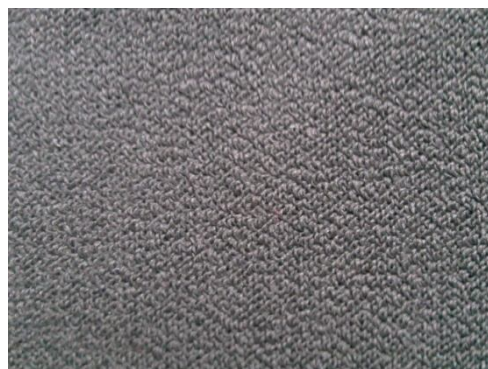
Vzorek č. 8 - líc



Vzorek č. 8 - rub



Vzorek č. 9 - líc



Vzorek č. 9 - rub



Vzorek č. 10 - líc



Vzorek č. 10 - rub



Vzorek č. 11 - líc



Vzorek č. 11 - rub



Vzorek č. 12 - líc



Vzorek č. 12 - líc



Vzorek č. 13 - líc



Vzorek č. 13 - rub